

Docket No. 243453US8/tca



IFW

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

IN RE APPLICATION OF: Shuhei HAYAMI, et al.

GAU: 2874

SERIAL NO: 10/674,338

EXAMINER:

FILED: October 1, 2003

FOR: OPTICAL FIBER, METHOD FOR MANUFACTURING SAME AND OPTICAL TRANSMISSION CHANNEL

SUBMISSION NOTICE REGARDING PRIORITY DOCUMENT(S)

COMMISSIONER FOR PATENTS
ALEXANDRIA, VIRGINIA 22313

SIR:

Certified copies of the Convention Application(s) corresponding to the above-captioned matter:

☒ are submitted herewith

☐ were filed in prior application filed

☐ were submitted to the International Bureau in PCT Application Number _____
Receipt of the certified copies by the International Bureau in a timely manner under PCT Rule 17.1(a) has been acknowledged as evidenced by the attached PCT/IB/304.

Respectfully Submitted,

OBLON, SPIVAK, McCLELLAND,
MAIER & NEUSTADT, P.C.


Bradley D. Lytle

Registration No. 40,073

Joseph Scafetta, Jr.
Registration No. 26,803

Customer Number

22850

Tel. (703) 413-3000
Fax. (703) 413-2220
(OSMMN 11/04)

17 674, 338

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed
with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 5 月 2 2 日
Date of Application:

出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 1 4 5 2 0 4
Application Number:

ST. 10/C] : [J P 2 0 0 3 - 1 4 5 2 0 4]

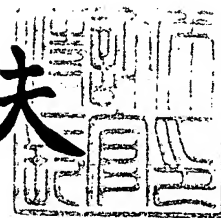
願 人 古河電気工業株式会社
Applicant(s):

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

2 0 0 3 年 1 0 月 2 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号 出証特 2 0 0 3 - 3 0 8 1 3 3 9

【書類名】 特許願

【整理番号】 P0208231

【あて先】 特許庁長官 殿

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内二丁目 6 番 1 号 古河電気工業株式会社内

【氏名】 川崎 光広

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内二丁目 6 番 1 号 古河電気工業株式会社内

【氏名】 小寺 誠悟

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内二丁目 6 番 1 号 古河電気工業株式会社内

【氏名】 内田 陽平

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内二丁目 6 番 1 号 古河電気工業株式会社内

【氏名】 速水 修平

【特許出願人】

【識別番号】 000005290

【氏名又は名称】 古河電気工業株式会社

【代理人】

【識別番号】 100101764

【住所又は居所】 東京都港区三田 3 丁目 1 番 1 0 号 三田マルハチビルディング 7 階

【弁理士】

【氏名又は名称】 川和 高穂

【電話番号】 03-3769-0466

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 034522

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9805685

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光ファイバおよび光伝送路

【特許請求の範囲】

【請求項1】 内側からセンターコア、サイドコア、第1クラッド、第2クラッドの順に構成されている光ファイバであって、

センターコアのシリカに対する比屈折率差を $\Delta 1$ とすると、 $\Delta 1$ が $-0.20\% \sim 0.20\%$ であり、

サイドコアのシリカに対する比屈折率差を $\Delta 2$ とすると、 $\Delta 2$ が $-0.45\% \sim -0.05\%$ であり、

第1クラッドのシリカに対する比屈折率差を $\Delta 3$ とすると、 $\Delta 3$ が $-0.50\% \sim -0.20\%$ であり、

かつ、前記センターコアのシリカに対する比屈折率差 $\Delta 1$ と、前記サイドコアのシリカに対する比屈折率差 $\Delta 2$ と、第1クラッドのシリカに対する比屈折率差 $\Delta 3$ との間に $\Delta 3 < \Delta 2 < \Delta 1$ の関係があり、

前記センターコアの外径 a と、前記サイドコアの外径 b との比 a/b が $0.3 \sim 0.8$ であり、

第2クラッドはセンターコアより粘度が高く、

波長 1550 nm における分散値の絶対値が $4\text{ ps/nm/km} \sim 20\text{ ps/nm/km}$ であり、波長 1550 nm における分散スロープが $0.05\text{ ps/nm}^2/\text{km} \sim 0.08\text{ ps/nm}^2/\text{km}$ であり、波長 1550 nm における伝送損失が 0.2 dB/km 以下であり、波長 1550 nm における実効コア断面積 A_{eff} が $80\text{ }\mu\text{m}^2$ 以上であることを特徴とする光ファイバ。

【請求項2】 前記サイドコアにGeをドーパントとして含むことを特徴とする請求項1に記載の光ファイバ。

【請求項3】 請求項1又は請求項2に記載の光ファイバを光伝送路の少なくとも一部に用いたことを特徴とする光伝送路。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、波長分割多重（WDM）光伝送に用いる光ファイバおよび光伝送路に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

近年、光ファイバを用いて光伝送する際に、伝送容量を増やす方法としてWDM光伝送が注目されている。そのため、WDM光伝送に用いられる光ファイバについても数多くの検討がなされている。

【0 0 0 3】

WDM光伝送に使用可能な光ファイバは、1.3 μ m付近にゼロ分散波長を持つシングルモード光ファイバ（SMF）や、使用波長帯にゼロ分散波長を持たない分散シフト光ファイバ（NZDSF）などが知られている。ところが、上記光ファイバは、例えば、自己位相変調（SPM）や相互位相変調（XPM）といった非線形性の問題を抱えていた。

【0 0 0 4】

上記光ファイバについて非線形性の問題を解決するために、分散値を十分ゼロから離して有効コア断面積（ A_{eff} ）を拡大した光ファイバが開発された。有効コア断面積とは、 $(MFD)^2 \times \pi \times k / 4$ の式で示されるもので、ここで k は定数である。例えば、1999年電子情報通信学会エレクトロニクスソサイエティ大会予稿集に掲載のC-3-76およびC-3-77には、その例が記載されている。

【0 0 0 5】

【非特許文献】

電子情報通信学会エレクトロニクスソサイエティ大会予稿集、C-3-76、C-3-77、1999年

【0 0 0 6】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、前記予稿集に記載された光ファイバは、ともに、分散値が20 ps/nm/kmを超えている。そのため、累積分散が増大して長距離WDM光伝送用には不適當である。

【0007】

上記の問題点に鑑み、本発明は、分散値はSMFと同等のレベルに保持しつつ、 A_{eff} を拡大し、かつ伝送損失を低くした光ファイバを提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】

前記課題を解決するために、本発明の第1の態様は、内側からセンターコア、サイドコア、第1クラッド、第2クラッドの順に構成されている光ファイバであって、

センターコアのシリカに対する比屈折率差を $\Delta 1$ とすると、 $\Delta 1$ が -0.20% ～ 0.20% であり、

サイドコアのシリカに対する比屈折率差を $\Delta 2$ とすると、 $\Delta 2$ が -0.45% ～ -0.05% であり、

第1クラッドのシリカに対する比屈折率差を $\Delta 3$ とすると、 $\Delta 3$ が -0.50% ～ -0.20% であり、

かつ、前記センターコアのシリカに対する比屈折率差 $\Delta 1$ と、前記サイドコアのシリカに対する比屈折率差 $\Delta 2$ と、第1クラッドのシリカに対する比屈折率差 $\Delta 3$ との間に $\Delta 3 < \Delta 2 < \Delta 1$ の関係があり、

前記センターコアの外径 a と、前記サイドコアの外径 b との比 a/b が $0.3 \sim 0.8$ であり、

第2クラッドはセンターコアより粘度が高く、

波長 1550 nm における分散値の絶対値が $4\text{ ps/nm/km} \sim 20\text{ ps/nm/km}$ であり、波長 1550 nm における分散スロープが $0.05\text{ ps/nm}^2/\text{km} \sim 0.08\text{ ps/nm}^2/\text{km}$ であり、波長 1550 nm における伝送損失が 0.2 dB/km 以下であり、波長 1550 nm における実効コア断面積 A_{eff} が $80\text{ }\mu\text{m}^2$ 以上であることを特徴とする光ファイバである。

【0009】

本発明の第2の態様は、前記サイドコアにGeをドーパントとして含むことを特徴とする光ファイバである。

【0010】

本発明の第3の態様は、光ファイバを光伝送路の少なくとも一部に用いたことを特徴とする光伝送路である。

【0011】**【発明の実施の形態】**

以下、本発明の実施の形態を図面を用いて説明する。図1は、本発明の光ファイバの屈折率分布構造の一例を示す概略説明図である。センタコア1を中心として、両側にサイドコア2、その外側には第1クラッド3、そのさらに外側には第2クラッド4が配置されている。

【0012】

センタコア1は、図示していないが外径寸法aである。また、センタコア1は、シリカの屈折率の値を指標として示したシリカの屈折率レベル5に対して最大比屈折率差 $\Delta 1$ を有している。サイドコア2は、やはり図示していないが外径寸法bであり、同様にシリカの屈折率レベル5に対して最大比屈折率差 $\Delta 2$ を有している。また、第1クラッド3は、同様にシリカの屈折率レベル5に対して最大比屈折率差 $\Delta 3$ を有している。また、第2クラッド4は、同様にシリカの屈折率レベル5に対してほぼ同等の屈折率レベルを有している。

【0013】

ここで、本発明においては、サイドコア2のシリカの屈折率レベル5に対する比屈折率差 $\Delta 2$ は以下のように定義されるものである。

(1) サイドコア2に屈折率極大点がない場合は、屈折率分布曲線の傾きが最も小さくなる箇所における値とする。

(2) サイドコア2に屈折率極大点がある場合は、屈折率極大点におけるシリカに対する比屈折率差の値（屈折率極大値）とし、屈折率極大値が複数存在する場合はその最大値とする。

【0014】

なお、サイドコア2に屈折率極大点がある場合には屈折率極小点も存在するが、屈折率極小点の第1クラッドに対する比屈折率差の値（屈折率極小値）の最小値が $\Delta 2$ と $\Delta 3$ との差の0.5倍以上の値であるときは、サイドコア2は1層で

構成されているものとする。

【0 0 1 5】

また、センタコア 1 とサイドコア 2 との境界は、センタコア 1 の屈折率分布の曲線を α 曲線で近似した際に、その α 曲線が比屈折率差ゼロの線と交差する点とする。なお、 α 曲線とは、以下の式で表されるものである。

$$\Delta n(r) = \Delta n(0) \times \{1 - (2r/a)^\alpha\} \quad \text{--- (式 1)}$$

但し、 $0 \leq r \leq a/2$

【0 0 1 6】

ここで r は、中心からの距離を示すものである。

a は、センタコアの外径である。

$\Delta n(r)$ は、距離 r での屈折率を示すものである。

$\Delta n(0)$ は、コア中心の屈折率を示すものである。

α は、屈折率分布形状を示すものである。

【0 0 1 7】

また、サイドコア 2 と第 1 クラッド 3 との境界は、比屈折率差がサイドコア 2 の第 1 クラッド 3 に対する比屈折率差 $\Delta 2$ の $1/10$ となる点を通り比屈折率差が変化する方向に伸びる直線が比屈折率差 $\Delta 3$ の線と交差する点とするものである。

【0 0 1 8】

上記式 1 を用いてセンターコア屈折率分布を近似することによりサイドコアとの境界が分かる。また、図 3 としての表 1 に示したように、 $\Delta 1$ 、 $\Delta 2$ 、第 1 クラッドの (Δ) の値と、前記の a 、及び b 値を用い、計算することにより以下の数値を求めることができる。

【0 0 1 9】

分散値は、信号の群分散を示すもので、単位は ($\text{ps}/\text{nm}/\text{km}$) である。分散スロープは、群分散の波長での変化率を示すもので、単位は ($\text{ps}/\text{nm}^2/\text{km}$) である。 A_{eff} は、光信号の信号の進行方向に垂直な方向での広がりを示すもので、単位は (μm^2) である。伝送損失は光ファイバに線引した後測定される。伝送損失はパワーの減衰を示すもので、単位は (dB/km) である。

従って、これらの数値を用いて評価することにより伝送容量を予測することができる。

【0020】

本発明の光ファイバは内側からセンターコア、サイドコア、第1クラッド、第2クラッドの順に構成されている光ファイバであって、センターコアのシリカに対する比屈折率差を $\Delta 1$ とすると、 $\Delta 1$ が $-0.20\% \sim 0.20\%$ であり、サイドコアのシリカに対する比屈折率差を $\Delta 2$ とすると、 $\Delta 2$ が $-0.45\% \sim -0.05\%$ であり、第1クラッドのシリカに対する比屈折率差を $\Delta 3$ とすると、 $\Delta 3$ が $-0.50\% \sim -0.20\%$ であり、かつ、前記センターコアのシリカに対する比屈折率差 $\Delta 1$ と、前記サイドコアのシリカに対する比屈折率差 $\Delta 2$ と、第1クラッドのシリカに対する比屈折率差 $\Delta 3$ との間に $\Delta 3 < \Delta 2 < \Delta 1$ の関係があり、前記センターコアの外径 a と、前記サイドコアの外径 b との比 a/b が $0.3 \sim 0.8$ であり、第2クラッドはセンターコアより粘度が高く、波長 1550 nm における分散値の絶対値が $4\text{ ps/nm/km} \sim 20\text{ ps/nm/km}$ であり、波長 1550 nm における分散スロープが $0.05\text{ ps/nm}^2/\text{km} \sim 0.08\text{ ps/nm}^2/\text{km}$ であり、波長 1550 nm における伝送損失が 0.2 dB/km 以下であり、波長 1550 nm における実効コア断面積 A_{eff} が $80\text{ }\mu\text{m}^2$ 以上であることを特徴とする。

【0021】

ここで、センターコアのシリカに対する比屈折率差 $\Delta 1$ は $-0.20\% \sim 0.20\%$ の範囲とする。前記範囲を上回ると、 G_e 等の屈折率を上げるドーパントを増やさなければならず、伝送損失が大きくなり、下回ると、 F 等の Δ を下げるドーパントを増やさなければならず、伝送損失が大きくなる。そのため、本発明では $-0.20\% \sim 0.20\%$ の範囲とする。

【0022】

サイドコアのシリカに対する比屈折率差 $\Delta 2$ は $-0.45\% \sim -0.05\%$ の範囲とする。前記範囲を上回ると λ_c 波長が大きくなり、下回ると曲げに弱くなる。そのため、本発明では $-0.45\% \sim -0.05\%$ の範囲とする。

【0023】

第1クラッドのシリカに対する比屈折率差 $\Delta 3$ は $-0.50\% \sim -0.20\%$ の範囲とする。この範囲を上回ると曲げに弱くなり、下回ると A_{eff} が小さくなる。そのため、本発明では $-0.50\% \sim -0.20\%$ の範囲とする。

【0024】

また、前記センターコアのシリカに対する比屈折率差 $\Delta 1$ と、前記サイドコアのシリカに対する比屈折率差 $\Delta 2$ と、第1クラッドのシリカに対する比屈折率差 $\Delta 3$ との間には $\Delta 3 < \Delta 2 < \Delta 1$ の関係がある。この関係を保つことによりWDM伝送に適した光ファイバとなる。

【0025】

また、センターコアの外径 a と、前記サイドコアの外径 b との比 a/b は $0.3 \sim 0.8$ である。この範囲を保つことにより A_{eff} を拡大し、曲げロスに強い光ファイバとなる。前記範囲を上回るとカットオフ波長が大きくなり、下回ると A_{eff} が小さくなる。

【0026】

第2クラッドはセンターコアより粘度が高い。低い場合は、線引後の光ファイバのセンターコアに残留応力が残り、 0.2 dB/km 以下の伝送素損失を得難くなる。

【0027】

波長 1550 nm における分散値の絶対値は $4 \text{ ps/nm/km} \sim 20 \text{ ps/nm/km}$ である。この範囲を上回ると、累積分散による波形歪みにより伝送速度が制限される。下回ると、4光波混合等の非線形効果が起きやすくなり、伝送速度が制限される。

【0028】

また、波長 1550 nm における分散スロープが $0.05 \text{ ps/nm}^2/\text{km} \sim 0.08 \text{ ps/nm}^2/\text{km}$ である。この範囲を上回ると、DWDM伝送に不適となる。

【0029】

また、波長 1550 nm における伝送損失が 0.2 dB/km 以下である。この範囲を上回ると、パワーの減衰が大きいため、ハイパワーを入射しなければな

らず、非線形効果が大きくなる。

【0030】

また、波長 1550 nm における実効コア断面積 A_{eff} が $80 \mu\text{m}^2$ 以上である。この範囲を下回ると、非線形効果が大きくなる。

【0031】

本発明は、サイドコアに Ge をドーパントとして含むことを特徴とする。Ge をサイドコアにドーピングすることにより、サイドコアの形状を任意の形に変えることができる。そのため、屈折率分布形状の自由度が増え、同等の特性を有するファイバでも容易に製造できるようになる。また、実効コア断面積 (A_{eff}) 拡大等の特性改善も可能となる。

【0032】

本発明は、前記の光ファイバを伝送路の少なくとも一部に用いたことを特徴とする。メリットは、従来の伝送路用ファイバに比べて低損失であり、 A_{eff} が拡大されているため、非線形効果が低減できることである。

【0033】

【実施例】

(実施例 1～3)

本発明例として、図 1 に示した屈折率分布構造を有する光ファイバについてパラメータを変化させた際の特性の変化を調べた。ここで、パラメーターの内容は $\Delta 1$ であり、用いた式は $\Delta 1 = (n_1^2 - n_s^2) / (2 n_1^2) \times 100 (\%)$ であり、 n_1 はセンタコア 1 の屈折率、 n_s はシリカの屈折率である。なお、センタコアの屈折率分布はステップ形状とし、サイドコアには屈折率極大点がないものとした。

【0034】

この結果を図 3 としての表 1 に示した。なお、表 1 において、 $\Delta 1$ 、 $\Delta 2$ 、及び第 1 クラッドの値の単位は (%) である。 a/b は、サイドコアの外径に対するセンタコアの外径の比の値である。分散値の単位は ($\text{ps}/\text{nm}/\text{km}$) である。分散スロープの単位は ($\text{ps}/\text{nm}^2/\text{km}$) である。伝送損失の単位は (dB/km) である。 A_{eff} の単位は (μm^2) である。また、参考としてカット

オフ波長 λ_c (単位は nm) を示した。

【0035】

(比較例)

比較例として、図2に示した屈折率分布構造を有する光ファイバについて、 $\Delta 1 = (n_{31}^2 - n_S^2) / (2 n_{31}^2) \times 100$ (%) (ここで、 n_{31} はコア31の屈折率、 n_S はシリカの屈折率) の特性を調べた。この結果を図2としての表1に併せて示した。

【0036】

表1に示したように、実施例1～3の光ファイバは、屈折率分布を最適化したために、WDM光伝送に適した特性を有している。ところが、比較例の光ファイバは Δ が低いために分散値が、また Δ が低いためにカットオフ波長が、WDM光伝送に適さないものとなっている。

【0037】

次に、実施例1の光ファイバと、その分散をほぼ完全に補償できる長さの線路型分散補償光ファイバとを用いて光伝送路を構成した。また、実施例2、実施例3、比較例の光ファイバについても、同様の光伝送路を構成した。ここで、WDM光信号の条件は10 Gbps 16波を波長1530～1560 nmの範囲で等間隔に配置し、実施例1～3、および比較例の光ファイバの長さを100 kmとしたときの伝送実験の結果を、図3としての表1に合わせて示した。

【0038】

表1に示したように、実施例1～3の光ファイバを用いた光伝送路は、WDM光伝送に適した特性を有するが、比較例の光ファイバを用いた光伝送路は、WDM光伝送に適さないものとなっている。なお、本発明の光伝送路は、上述のものに限らず、様々な実施形態をとることができる。例えば、線路型分散補償光ファイバのかわりに分散補償光ファイバモジュールなどを用いて光伝送路を構成してもよい。

【0039】

【発明の効果】

本発明によれば、WDM光伝送に適した光ファイバおよび光伝送路を実現する

ことが可能である。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の光ファイバの屈折率分布構造の一例を示す概略説明図である。

【図 2】

比較例の屈折率分布を示す概略図である。

【図 3】

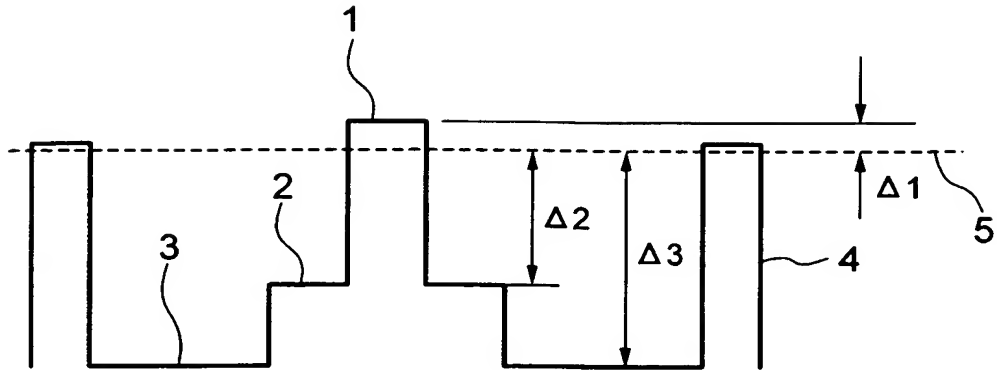
本発明例、比較例の特性一覧表である。

【符号の説明】

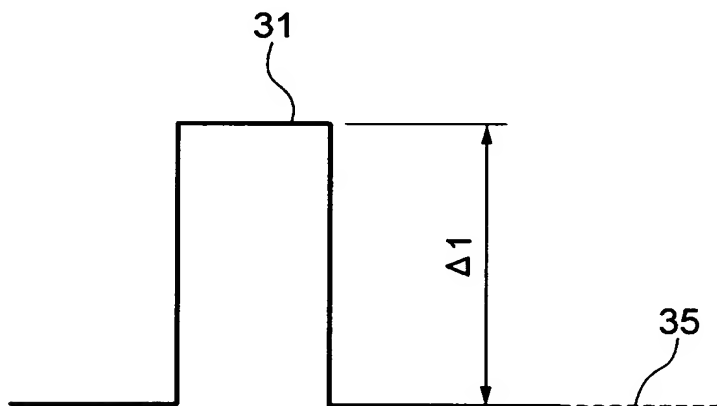
- 1 センターコア
- 2 サイドコア
- 3 第 1 クラッド
- 4 第 2 クラッド
- 5 シリカの屈折率レベル
- 3 1 コア
- 3 5 シリカの屈折率レベル

【書類名】 図面

【図 1】



【図 2】



【図 3】

表 1 本発明例、比較例特性一覧表

	$\angle 1$ (%)	$\angle 2$ (%)	第 1 クラッド (%)	a/b	分散値 (ps/nm /km)	分散 スロープ (ps/nm ² /km)	伝送 損失 (dB/km)	A_{eff} (μm^2)	λ_c (nm)	光 伝送路
実施例 1	-0.05	-0.20	-0.35	0.50	18.2	0.068	0.170	102	1420	○
実施例 2	-0.15	-0.40	-0.45	0.70	19.8	0.067	0.174	97	1460	○
実施例 3	0.20	-0.05	-0.18	0.35	17.9	0.064	0.178	103	1530	○
比較例	0.26	0.00	-	-	21.9	0.068	0.195	133	1580	×

(P 0 2 0 8 2 3 1 - A 2 0 5 7 6)

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 分散値はSMFと同等のレベルに保持しつつ、 A_{eff} を拡大し、かつ伝送損失を低くした光ファイバを提供する。

【解決手段】 内側からセンターコア、サイドコア、第1クラッド、第2クラッドの順に構成されている光ファイバであって、センターコアのシリカに対する比屈折率差 $\Delta 1$ が $-0.20\% \sim 0.20\%$ 、サイドコアのシリカに対する比屈折率差 $\Delta 2$ が $-0.45\% \sim -0.05\%$ 、第1クラッドのシリカに対する比屈折率差 $\Delta 3$ が $-0.50\% \sim -0.20\%$ 、かつ、前記 $\Delta 1$ と、前記 $\Delta 2$ と、 $\Delta 3$ との間に $\Delta 3 < \Delta 2 < \Delta 1$ の関係があり、前記センターコアの外径 a と、前記サイドコアの外径 b との比 a/b が $0.3 \sim 0.8$ であり、第2クラッドはセンターコアより粘度が高い光ファイバである。

【選択図】 なし

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2 0 0 3 - 1 4 5 2 0 4
受付番号	5 0 3 0 0 8 5 3 5 3 3
書類名	特許願
担当官	第一担当上席 0 0 9 0
作成日	平成 1 5 年 5 月 2 3 日

＜認定情報・付加情報＞

【提出日】 平成15年 5月22日

次頁無

特願 2 0 0 3 - 1 4 5 2 0 4

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 5 2 9 0]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 9 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都千代田区丸の内 2 丁目 6 番 1 号

氏 名

古河電気工業株式会社